

歴史的土木施設(球磨川はね)の保全方針検討 におけるCIM技術の活用

さとうむつみ なるかわけん と うらにし まい きりはらりょう
佐藤睦美¹・成川健斗²・浦西真維³・桐原 涼⁴

¹ (株) オリエンタルコンサルタンツ九州支社 (〒812-0011福岡県福岡市博多区博多駅前3-2-8)
^{2, 3, 4} (株) オリエンタルコンサルタンツ関東支社 (〒151-0071東京都渋谷区本町3-12-1)

一級河川球磨川右岸6k400～8k400には、約2kmにわたり萩原堤と呼ばれる歴史的な堤防が存在する。水衝部である萩原堤は、1600年代後半頃、加藤氏の時代に7箇所(水制工)をとりつけた半環状の堤防として整備され、水制群は「球磨川はね」と称された。

近年、低水護岸整備が進み、工事で干渉する石はねに対し、保全方針の決定及び周辺堤防のデザイン検討を目的に、CIMやVRを活用した検討を実施した。CIMモデルの活用により、整備空間のフロントローディングを行うことができ、より使用感を意識した空間デザインを実現した。

Key Words : 歴史的土木施設, 石はね, 水制群, 文化財保全, 堤防デザイン, 流況解析, BIM/CIM, VR

1. はじめに

治水事業は人々の生活を守るため、長い年月をかけて行われ、河川は先人の知恵を受け継ぎながら、現在の姿に至った。熊本県八代市に位置する一級河川球磨川右岸6k400～8k400に、約2kmにわたり萩原堤と呼ばれる歴史的な堤防が存在する。この堤防もまた、各時代の高度な技術を引き継いだ堤防の一つである。本稿では、これらを現代の技術を用いて如何に後世へ引き継ぐかを検討した。

2. 萩原堤と球磨川はね

(1) 萩原堤

球磨川河口部の北側に位置する堤防は、加藤右馬允正方が、元和5年(1619)から2年半を費して八代城を築城の際に、同時に完成させた事業の一つである。この築堤は古麓町の山麓から工事をはじめ、堤防を補強させるために松を植えさせた。水防と国防の二大使命を目的としており、新萩原橋附近から上流の堤防を特に萩原堤と呼んでいる。この堤防は、松が内側に植えられ、外側には桜並木があって、よく調和しており、桜と櫓(はぜ)が松に一段と風情を加え道行く人の心を慰めたものだった¹⁾。

(2) 球磨川はね

水衝部である萩原堤は、7箇所(水制工)

工)をとりつけた半環状の堤防として整備され、この石はねによる水制群を「球磨川はね」と称した。石はねは下流から磯ばね、天神ばね、丸ばね、大はね、山下はね、寺ばね、亀ばねとそれぞれの愛称を有し、昔から石はね上では人々が花見をするなど、憩いの場として機能してきた。

球磨川下流域の洪水防御の仕組みは、高度な技術の組合せによって成り立っている。具体的には、上流の八の字堰で洪水流を川の中心部に集め、流れの勢いを押さえたうえで、球磨川はねにより流向を左岸側に向け、この一帯を遊水地として利用した。さらに八代城下への洪水流を抑えるため、横越流方式による敷石による洪水分流がなされ、溢れた流水は下流で狭められた川幅により流速が増し、船の航路維持を図った。八代城下にとっては、球磨川は城の外堀であり、島津藩に対する国防の要所であったことが窺える。

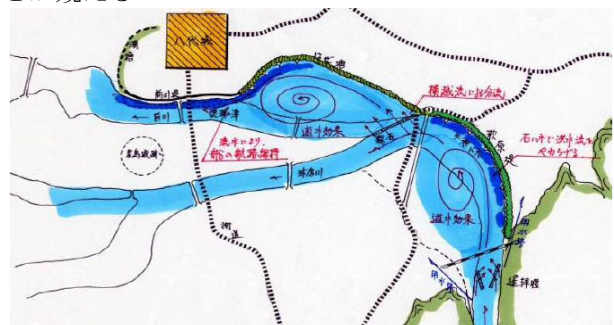


図-1 球磨川下流域の洪水防御のしくみ²⁾

3. 課題及び検討方針

(1) 課題

前項で述べた通り、当時の土木技術を駆使して造られた萩原堤と球磨川はねは、長きに渡り八代のまちを水害から守り続け、さらには、人々の憩いの場を提供してきた。現在では、植生の繁茂等で石はねへ近づくことが困難となっているものの、萩原堤自体は、花火競技大会の観覧場や九州国際スリーデーマーチのコースとして利用され、人々が集う拠点である系譜は受け継がれている。そのような中、萩原堤は、H30年度より低水護岸整備に着手しており、護岸工事で影響を受ける「球磨川はね」を如何に保全していくかが課題となっている。



写真-1 現在の萩原堤と石はね

(2) 検討方針

球磨川はねの保全方針を決定する上で、本来、石はねが持つ役割や地域における価値について、以下の3つの軸を切り口として、明らかにする方針とした。

- ・治水構造物としての役割
- ・歴史的土木施設としての価値
- ・憩いの場としての価値

各要素を体系的に整理したものを図-2に示す。

4. 治水構造物としての役割

(1) 役割の分析

球磨川下流域の洪水防御の仕組みでも述べた通り、石はね本来の役割は、水制工としての治水機能である。石はねが整備された当時の河道においては、石はねにより洪水流を緩和し、決壊リスクを軽減することで、八代のまちを洪水被害から守る水制工としての役割を有していた。

(2) 低水護岸整備における課題

石はね整備当初の河道における石はねの役割は先に述べた通りであるが、石はねの保全方針を決定する上では、河道拡幅後において、球磨川の洪水に耐えうるよう、護岸に加えて石はねの水制機能は必要か否かを整理する必要がある。

(3) 評価手法

河道拡幅前後の河道を平面二次元流況解析によって再現し、各河道における石はねの水制機能を検証する。検討においては、流況解析から算出される流速に着目し、護岸や水制機能を評価する。

(4) 評価結果

a) 検証1：河道拡幅前の治水機能

河道拡幅前の川幅において石はね有無の2ケースで解析を実施した。解析モデルは、萩原堤に残る最も古い横断座標である昭和13年の定期横断図を用いて河道を再現した。

解析の結果、石はねの下流で流速が規則的に低下していることを確認した(図-3)。これは、石はねが洪水流をやわらげていたことを示している。藩政時代に当時の高度な土木治水技術を駆使し、球磨川の洪水に耐えうるよう工夫された構造配置で設置された石はねが八代のまちを守っていたことが窺える。

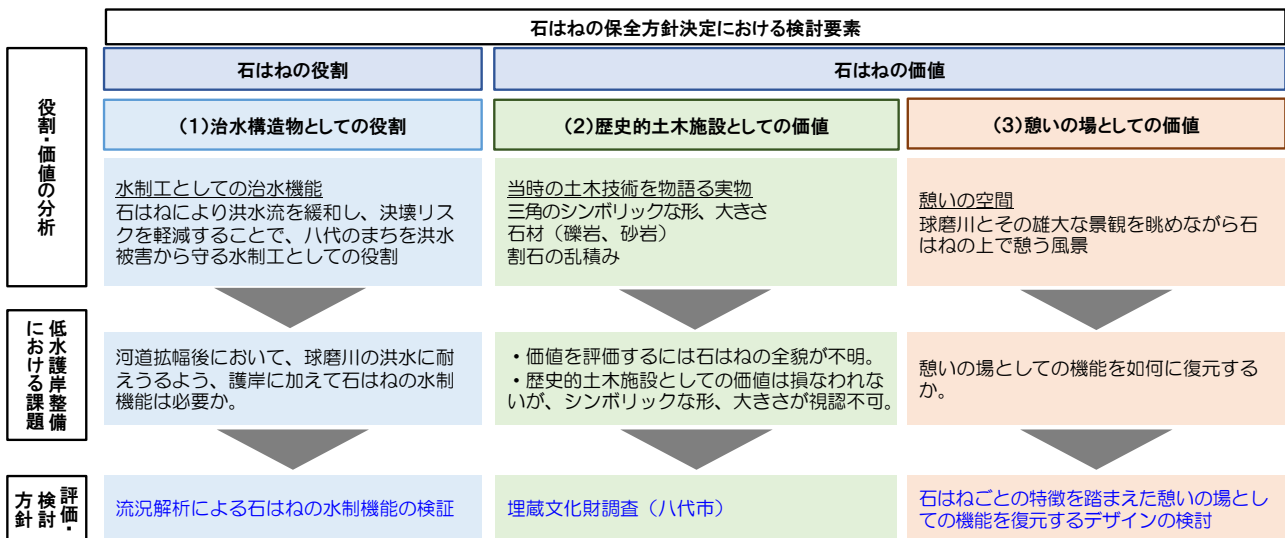


図-2 石はねの保全方針決定における検討要素

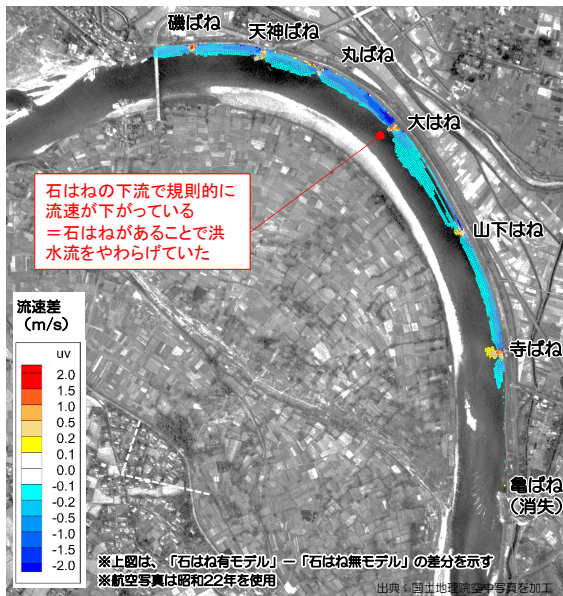


図-3 河道拡幅前の石はね有無の流速差分図

b) 検証 2：河道拡幅後の治水機能

河道拡幅後の川幅において、萩原堤前面の流速を算出し、河岸の安定性を検証した。解析モデルでは、現況河道の三次元点群データを用いた他、堤防補強を実施した河道を再現した。

河道拡幅後の川幅で水理解析を行った結果、萩原堤前面の流速は2～3m/sであることを確認した。これは、護岸で低水路及び堤防の保護が可能な流速であり、水制工等の補助工法は不要となる。

c) 結果の考察

河道拡幅前の川幅では、石はね下流で流速が規則的に低下し、洪水流をやわらげていたが、河道拡幅後の川幅では、流速が安定し水制工等の補助工法は不要との結果となった。よって、かつて石はねが担っていた治水構造物としての役割は、今後、堤防補強で設置する護岸が担う方針とした。

5. 歴史的土木施設としての価値

(1) 価値の分析

球磨川はねは7つの石はねから構成されており、現存状況は表-1の通りである。

表-1 球磨川はね一覧

名称	位置	状態
磯ばね	6/600+160 付近	消失
天神ばね	6/800+100	現存
丸ばね	7/000+63	現存
大はね	7/200+95	現存
山下はね	7/400+215	現存
寺ばね	7/800+107	現存
亀ばね	8/200+75 付近	消失

既往文献によれば、「加藤清正時代の城郭に見られるものに酷似していることから、加藤氏の時代（17世紀前半）に造られたものと考えられる。」「球磨川の「はね」は三角形を呈しており、かつ数基の「はね」で河川の流れに対処している。（中略）オリジナルが残されている球磨川の「はね」は、

全国的にも貴重」³⁾との記載がある。三角のシンボリックな形や大きさ、石材（礫岩、砂岩）、積み方（割石乱積み）は、当時の土木技術を物語る実物として、その真正性が重要である。

(2) 低水護岸整備における課題

平成24年頃に一部分のみ開削調査が行われているが、価値を評価するには石はねの全貌が不明である。また、護岸工事によって、高水敷の下に埋没することにより、歴史的土木施設としての価値は損なわれないが、シンボリックな形、大きさが視認不可となる。よって、まずは石はねの全貌を明らかにすることが必要である。

(3) 評価手法

石はね全体を開削調査し、全体像及び石はね毎のより細部の特徴を把握する。調査は、八代市の文化財保護部局において、令和4年度～令和5年度の2か年に渡り実施する。

(4) 評価結果

令和4年度に丸ばね、大はねの全体の開削調査が初めて行われ、三角形を呈した石はねがオリジナルの形状そのままに確認された。また、丸ばねにおいては、一つの石はねに複数の石積み工法が確認され、幾度も修復を繰り返しながら受け継がれたことが窺えた⁴⁾。さらに、既往の部分調査では確認されなかった天神ばねが、令和4年度護岸工事において、出現し、令和5年度の開削調査対象に加えられた。



写真-2 丸ばね開削調査状況

オリジナルの石はねのシンボリックな形、大きさは、簡易測量に基づき石はねを3次元で復元した上で、既存のCIMモデルへ統合した。統合したモデルには、施工予定の低水護岸等も統合し、干渉チェックに活用したほか、将来的な河川管理CIMに活用できるよう、属性データを付与した。

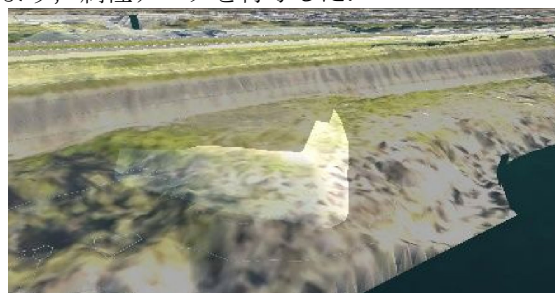


図-4 既設丸ばね3Dモデル

6. 憩いの場としての価値

(1) 価値の分析

昭和30年前後の写真では、石はねの天端が憩いの場として活用されていた。現状の石はねは、いずれも前面に根固めブロックが配置され、天端は植生に覆われている。動植物の生息の場としては良好であるものの、憩いの場としては活用が困難である。



写真-3 石はねの上で花見をする人々⁵⁾

(2) 低水護岸整備における課題

石はねごとの特徴を十分に踏まえた上で、真正性を損なわず、憩いの場としての機能を如何に復元するかが課題である。

(3) 整備方針

各石はねの特性を踏まえ、以下の通り、整備する方針とする。

表-2 石はね毎の整備方針

石はね	特徴	整備方針 (案)
①大はね・丸ばね・天神ばね・寺ばね	整備後は表面や先端が堤防断面から張り出す	歴史的価値の保全と当時の面影を感じられる憩いの場としての価値の復元、石はねを体感できる整備を行う。
②山下はね	整備後は堤防断面内に埋没	歴史的価値の保全と当時の面影を感じられる憩いの場としての空間整備を行う。
③磯ばね	消失(消失時期等は不明)	これまでの文化財調査において、詳細な位置や形状が不明であることから、位置や形状を明示する整備は避け、解説板に留めた整備とする。
④亀ばね	昭和40年代に消失	取水口として整備されており復元困難であるため、解説板に留めた整備とする。

石はねを体感できる整備として、石はね全体を被覆することで、当時の石造り技術を示す貴重な資料である石はね自体を保護しつつ、憩いの場を復元す

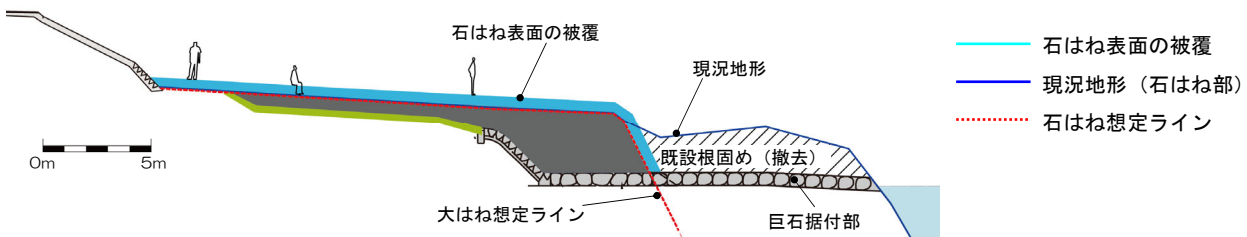


図-5 大はね整備イメージ

る方針とした(図-5)。

さらに、具体的な整備後のイメージをCIM技術によってモデル化した他、VRを用いて整備空間を仮想現実の中で体験できるようにした(写真-4)。これにより、石はねの高低差や高水敷に整備される遊歩道のゆらぎを体感し、デザインの課題を抽出することができた。規模の大きな石はねや植生が繁茂している本現場においては、モックアップによる現地での確認ができない。しかし、VR空間を通じてフロントローディングが可能となり、施工時など整備の途中段階で修正が必要となる回数を減らすことができる。



写真-4 VRを用いたイメージの共有

7. 石はねの保全方針 (おわりに)

前項までの整理を踏まえ、治水構造物として人々を洪水から守ってきた「球磨川はね」は、そのまま「埋設保全」を基本とするが、石はねがあった当時の面影と憩いの場としての機能は、新たな球磨川の高水敷に復元し、後世にその歴史的土木施設の価値を正確に伝承する方針とした。

本稿では、先人の知恵や技術の詰まった歴史的土木施設の保全方針を多角的な視点で整理したとともに、現在の最新技術であるCIM技術を用いて後世に引き継ぐためのデザイン検討を実施した。

今後は、三次元で情報を共有できるプラットフォーム(三次元管内図等)に情報を集約し、より正確により効率的にその価値を伝承することが望まれる。

参考文献

- 1) 球磨川教材化資料集(第二集)ふるさと八代球磨川
- 2) 国土交通省九州地方整備局八代河川国道事務所: 球磨川下流域環境デザイン検討委員会第2回委員会資料,資料1,P.15, 2013.
- 3) 八代市教育委員会: 八代市文化財調査報告書 第46集 球磨川はね,P.65, 2015.
- 4) 株式会社九州文化財研究所: 令和4年度球磨川はね発掘調査業務委託報告書, 2023.
- 5) 遠山写真館: 遠山写真館・遠山宇宙.